

Tuntematonta elämää etsimässä

Kirsi Lehto

Peter Ward: *Tuntematon elämä*. Ursa 2006, 304 s.

Kirjassaan *Tuntematon elämä* Peter Ward käsittelee astrobiologian keskeisiä kysymyksiä: mitä elämä on, miten ja missä olosuhteissa se on syntynyt ja kehittynyt, olisiko se saattanut syntyä ja kehittyä toisin, ja miten erikoisiin olosuhteisiin se saattaisi sopeutua.

Ensimmäistä kysymystä, elämän määrittelyä, vaikeuttaa ja värittää se, että täällä Maan päällä tunnemme vain yhdenlaista elämää. Tuntemamme elämä on solullista ja perustuu DNA:han koodattuun geneettiseen informaatioon, joka edelleen ilmennetään transkriptio- ja translaatiokoneistojen kautta. Geneettisen informaation muoto ja ilmentämiskoneisto sekä eloperäisten molekyylien rakennuspalikat (nukleotidit ja aminohapot) ovat samanlaiset kaikissa tuntemissamme eliöissä ja osoittavat kaiken tuntemamme elämän polveutuvan samasta alkuperästä, eli viimeisestä yhteisestä esi-isästä LUCAsta (Last Universal Common Ancestor).

Elämän määrittäminen näiden yhteisten ominaisuuksien perusteella (eli tällä hetkellä tunnetun elämän kaltaiseksi) jää kuitenkin hy-

vin spesifiseksi, vain yhden esimerkin kuvailuksi. Yleisempänä elämän kriteerinä Ward lainaa ajatusta Ernst Schrödingerin klassisesta teoksesta *What is life* (1944), jonka mukaan ”elävä aine välttää hajoamista tasapainotilaan, tuottaa negatiivista entropiaa ja lisää ympäristönsä entropiaa”, sekä Carl Saganin muotoilemaa määritelmää, jonka mukaan elävät oliot ovat ”kemiallisia järjestelmiä, jotka kykenevät darwinistiseen evoluutioon”. Näin määriteltynä elämä voisi toteutua hyvinkin erilaisen biokemian kautta, kuin mitä maan päällä tunnetut eliöt käyttävät.

”Tuntemattomia” elämänmuotoja

Ward todistaa erilaisten elämänmuotojen mahdollisuutta esittelemällä tunnetun elämän alkuperää. Tuntemamme solullinen DNA-ohjattuun ja RNA-välitteiseen proteiinisynteesiin perustuva elämä on biokemiallisesti hyvin monimutkaista. On selvää, että elämä ei ole syntynyt suoraan tällaiseksi, vaan se on kehittynyt monien välivaiheiden kautta, alkaen spontaanisti muodostuneista elottomista molekyyleistä ja polymeereista jotka jossakin vaiheessa alkoivat kopioitua, ja kehittyi-

vät lopulta solulliseksi elämäksi. DNA-pohjaista geneettistä informaatiota on ilmeisesti edeltänyt RNA-molekyyleihin koodattu informaatio, joka ennen proteiinisynteesin kehittymistä on toiminut myös katalyyttisinä molekyyleinä. RNA-informaatiokaan ei kuitenkaan ehkä ole syntynyt suoraan alkeellisista lähtöaineista, vaan sen syntyä ovat voineet ohjata alkeellisemmat systeemit, kuten mineraalitekisiin koodautunut informaatio.

Alkeellisimpia (vieraita) elämän muotoja esitellessään Ward käy läpi yleisesti tunnettuja hypoteeseja niistä prosesseista, jotka ovat voineet johtaa elämän syntyyn maapallolla ("reseptejä elämän synnyttämiseksi"), mainiten RNA-, savi- ja pyriittielämän mahdollisina alkeellisina elämän muotoina. Hän myös esittelee hypoteettisia olosuhteita missä elämä täällä olisi voinut syntyä (meren rantavyöhykkeet, lämpimät lammit, kuumat lähteet, kivien pinnat, aavikoille kiteytyneet boraatit). Esittely muodostaa kattavan yleiskatsausken tähän mielenkiintoiseen aihepiiriin, mutta yksityiskohdissaan se jää aika köyhäksi: hypoteettiset prosessit esitellään itsestään selvinä tai triviaaleina, mitään yksityiskohtia tai niihin liittyviä oleellisia tai ylipääsemättömiä ongelmia ei mainita.

Mainittujen eliömuotojen esittely "tuntemattomina" elämänmuotoina lienee hiukan harhaanjohtavaa sikäli, että tällä hetkellä emme vielä tiedä millaiset (molekyyl)rakennelmat pystyisivät lisääntymään, ja siten olisivat kykeneviä darwinistiseen evoluutioon, eli olisivat yksinkertaisimpia mahdollisia eläviä (tai esielollisia) olentoja. Ilmeisesti ainakin jo varhaiset RNA-genomeihin perustuvat lisääntyvät yksiköt, tai kokonaiset (RNA-pohjaiset) solutkin ovat olleet tässä mielessä eläviä. Näin ollen maapallolla on ainakin joskus esiintynyt RNA-pohjaista eli "erilaista" elämää. Wardin mukaan nykyisin runsaslukuisina esiintyvät RNA-virukset voivat muistuttaa alkuperäisiä, lisääntyviä RNA-pohjaisia molekyylejä (virologian osuudessa Ward viittaa voimakkaasti Helsingin yliopistossa työskentelevään virologi Dennis Bamfordiin). Wardin mukaan olisi mahdollista, että myös muinaista, RNA-pohjaista solullista elämää voisi esiintyä edelleen joissakin olosuhteissa maapallolla.

Tällaisen poikkeavan elämän tunnistamisen ongelmana olisi se, että nykyisin käytössä olevien mikrobiologisten menetelmien (mikrobien viljely, konservoituneiden DNA-sekvenssien monistus) avulla pystytään tunnistamaan vain tyyppillisiä, tunnettujen lajien kaltaisia uusia lajeja. Osoituksena tästä valikoivasta havaitsemisesta on se, et-

tä vain pieni osa "tavallisimmista" bakteereista tai arkkeliöistä on tällä hetkellä tieteellisesti tunnettuja ja määriteltyjä. Kaikki sellaiset elämän muodot, jotka oleellisesti poikkeavat "tunnetun elämän" ominaisuuksista, jäisivät helposti havaitsematta. Tällaista "tuntematonta" elämää siis saattaisi esiintyä jopa runsaana ihan lähiympäristössämme, ilman että tietäisimme sen olemassaolosta mitään.

Ward ehdottaa, että alkuperäisempi RNA-elämä pitäisi sisällyttää maapallon eliökunnan sukupuuhun. Hän ehdottaa uutta taksonomista luokittelua, jonka mukaan koko Maan eliökunta jaetaan kahteen dominioon, eli DNA-pohjaisiin *Terroa*-eliöihin ja RNA-pohjaisiin *Ribosa*-eliöihin. *Terroa*-haaraan kuuluisi nykyisin tunnetut elämän muodot (eukaryootit, bakteerit ja arkit), ja näiden lisäksi DNA-virukset ja LUCAa edeltäneet DNA-pohjaiset eliöt. *Ribosa*-eliöihin kuuluisivat RNA-virukset sekä aikoinaan eläneet (ja mahdollisesti yhä jossakin säilyneet) RNA-eliöt. Molempien dominioiden yhteinen alkujuuri olisi muodostunut monistuvista RNA-molekyyleistä eli varhaisesta RNA-maailmasta.

Terroa- ja *Ribosa*-eliöiden ohella Ward esittelee potentiaalisena, joskin vasta tulossa olevana, maapallon eliömuotona keinoelämän. Hän esittelee useiden tutkimusryhmien (erityisesti Jack Szostakin, Steen Rasmussonin ja David Deamerin johtamia) tutkimushankkeita, joissa pyritään keinoelämän valmistamiseen koeputkessa. Tällaisia elämää muistuttavia systeemejä ovat esimerkiksi itseään kopioivat RNA-juosteet, lipidi-suspensioissa kasvavat ja monistuvat vesikkelit, jotka pitävät sisällään erilaisia entsyymitoimintoja, tai jopa erilaisista "vieraista" rakenneyksiköistä (PNA) kootut autokatalyyttiset kopioituvat rakenteet. Näitä kehitellään intensiivisesti tällä hetkellä.

Wardin esittely näistäkin kiehtovista aiheista jää kovin pintapuoliseksi ja osittain virheelliseksi. Esimerkiksi RNA:ta kopioivien RNA-molekyylin kohdalla hän mainitsee, että nämä pystyvät nyt kopioimaan itseään ja tuottamaan pitkiä RNA-juosteita. Tämän tyyppiset liioittelevat sanamuodot voivat antaa sellaisen vaikutelman, että prosessi olisi jo niin tehokas, että sillä pian voidaan tuottaa uusia eliöitä. Kuitenkin sivumennen mainitaan, että parhain saavutettu kopioimistulos on tällä hetkellä 14 nukleotidia, joka ei riitä tuottamaan vielä minkäänlaisia toiminnallisia molekyylejä. Huomattavasti lähempänä toteuttamistaan (tai jo täysin toteutettavissa) on uusien synteettisten virusten tuottaminen ja uusien mikrobien tuottaminen olemassaolevista

genomien muokkauksen kautta. Ward ottaa esille – ehkä aiheellisesti – että näin voidaan haluttaessa tuottaa eliöitä, jotka täysin ylittävät olemassaolevien mikrobin ominaisuudet esimerkiksi taudinaiheutuskyvyssä, ja että tällaiset uudet elämänmuodot voivat olla hirviöitä jotka karkaavat tutkijoiden käsistä.

Elämän mahdollisuuksia

Elämän mahdollisuuksia pohtiessaan Ward tuo esille sen että elämää toki voisi olla muuallakin kuin maapallolla. Ward korostaa, että meidän omassa aurinkokunnassamme elämä olisi alun perin voinut syntyä yhtä hyvin joko Maassa, Venuksessa tai Marsissa, joissa kaikissa varhaiset olosuhteet ovat oletettavasti olleet varsin samankaltaiset. Koska meteoriitit kulkeutuvat Venuksen, Maan ja Marsin välillä, on myös aivan mahdollista, että varhainen elämä on kulkeutunut planeetalta toiselle – ja voi edelleen kulkeutua etenkin Maasta muille planeetoille avaruuslentojen ja planeetoille laskeutuvien moduleiden mukana.

Lämpötila Venuksessa on nykyisin niin korkea (480 °C), että mitkään elämänmuodot eivät voi selviytyä sen pinnalla – mutta olisi mahdollista, että (hyvin pitkälle adaptoitunut, ehkä toisenlaiseen biokemiaan perustuva) elämä olisi löytänyt turvapaikan Venuksen yläilmakehän rikkihappopilvistä.

Myös Marsin pinnalla olosuhteet (kuivuus, kylmyys ja voimakas säteily) ovat niin ankarat, että tuntemamme elämänmuodot eivät siellä selviä – mutta ainakin jotkut niistä voisivat selvitä marsperän suojaisemmissa kerroksissa, missä lie nee saatavilla nestemäistä vettä. Itseasiassa, Marsin ilmakehässä esiintyvät metaani ja ammoniakki (tosin epävarma havainto) ovat Wardin mukaan todennäköisesti elävien mikrobin tuottamia ja osoittavat siis elämän esiintymisen marsperässä. Tämä elämä olisi (todennäköisesti) peräisin samoista Ribosa-tyyppisistä RNA-eliöistä kuin Maan elämä – mutta toisella planeetalla, ankarissa oloissa se olisi kehittynyt hyvinkin erilaiseksi kuin Maan Terroan elämä.

Elämää voisi myös esiintyä aurinkokunnan ”eksoottisemmilla” alueilla: Jupiterin kuuta Europaa peittävä syvä valtameri tarjoaisi turvapainavan alkeellisille eliöille, jotka saattaisivat selvitä meren pohjalla geotermisten energialähteiden ylläpitäminä. Kuitenkin käytettävissä oleva energiamäärä on niin vähäinen, että sen ylläpitämä eliökunta olisi hyvin pieni ja elintavoiltaan eh-

kä parhaiten verrattavissa Maan merenpohjassa sijaitsevien mustien savuttajien eliöstöön. Wardin mukaan kemialliset olosuhteet ovat kuitenkin hyvin erilaiset kuin Maan merissä, ja siellä elävät eliöt olisivat hyvin erilaisia Maan eliöihin verrattuna. On ehdotettu, että Europa-meren pohjalla voisi olla korkea ammoniakkipitoisuus, ja vesi-ammoniakkiliuos voisi toimia eliöiden solunesteenä. Näissä oloissa solujen energiansiirtoreaktiot eivät tapahtuisi vetygradientin avulla, koska ATP- ja ADP-molekyylit hajoaisivat nopeasti. Sen sijaan energiansiirtomekanismit saattaisivat tapahtua esimerkiksi vapaiden elektronien avulla – siis ikään kuin sähköisenä energian siirtona.

Myös Saturnuksen kuu Titan on erittäin mielenkiintoinen orgaanisen kemian ja erilaisen elämän mahdollinen ympäristö. Tämän kuun ilmakehä sisältää metaania ja molekylaarista vetyä, jotka molemmat olisivat energiarikkaita yhdisteitä ja voisivat toimia orgaanisen kemian lähtöaineina – tai toisaalta voisivat olla myös eliökunnan tuottamia eloperäisiä kaasuja. Lämpötila tämän taivaankappaleen pinnalla on hyvin alhainen, noin –180 °C, ja pinta on metaani-, etaani- ja vesijään peittämä. Vaikuttaisi siltä että biokemialliset reaktiot näissä oloissa olisivat joko mahdottomia tai ainakin hyvin hitaita. Wardin mukaan elämän mahdollisuudet olisivat kuitenkin paremmat kuin pinnan alla, missä lämpötila on niin paljon korkeampi, että vesi ja ammoniakki esiintyvät sulassa muodossa. Tällaisissa olosuhteissa saattaisi esiintyä todella outoja elämänmuotoja jotka käyttäisivät liuottimenaan orgaanisia nesteitä (joko ammoniakkaa, metanolia tai etanolia). Olisi mahdollista että näiden rakenteet myös voisivat hiilen sijasta perustua piiyhdisteisiin (silaaneihin ja silanoleihin).

Provosoiva, muttei vakuuttava

Vieraan elämän tai sen tunnusmerkkien (biosignaturien) havaitseminen, tunnistaminen ja tulkitseminen etähavaintojen perusteella saattaa olla mahdotonta, ja siksi elämän löytäminen kaukaisista kohteista olisi toteutettavissa vain tavattoman kalliiden miehittettyjen avaruuslentojen avulla. Wardin mukaan ”tuntemattoman elämän” löytäminen joko maapallolta tai aurinkokunnan muilta taivaankappaleilta olisi kuitenkin niin merkittävää, että sen kalliit kustannukset ovat perusteltavissa: elämän ja evoluution eri vaihtoehtojen kartoittamiseksi meidän pitäisi lähettää tutkijoita eri kohteisiin: paleon-

tologi Marsiin, mikrobiologi Europaan ja bioke-
misti Titaniin.

Ward käsittelee kirjassaan laajasti elämän perus-
ominaisuuksiin liittyviä kysymyksiä. Hän myös
ehdottelee kysymyksiin hyvinkin lennokkaita vas-
tauksia, mutta vastaukset ovat varsin pinnallisia,
helppoja ja triviaaleja: niihin liittyviä suuria ongel-
mia ei mainita. Olemassa olevista tutkimustulok-
sista myös vedetään liian varmoja johtopäätöksiä,
ja asioiden pinnallinen käsittely ja tekstin itsekes-
keinen ja omakehuinen sävy antavat ylimielisen
vaikutelman. Esitys on mielenkiintoinen ja provo-
soiva, mutta ei täysin vakuuttava.

*

Amerikkalaistyyllisen puhekielen sanatarkka
käännös suomeen ei toimi oikein sujuvasti. Kään-

nöksen kömpelyyden ohella lukijaa voi paikoin
ärsyttää biologian peruskäsitteisiin liittyvät epä-
tarkkuudet – jotka tosin voivat johtua myös käännös-
virheistä. Mutta, jos lukija suhtautuu riittävällä
varauksella varmana esitettyihin johtopäätöksiin
ja hypoteeseihin, niin kirja on mainio ja kattava
katsaus tämän päivän astrobiologiaan. Kannat-
taa myös muistaa, että erinomaista – jopa Nobel-
palkittua – perustutkimusta on tehty tällä alalla
muuallakin kuin NASAn tutkimuslaitoksissa. Tä-
stä osoituksena kirjan takaosasta onneksi löytyy
hyvä lähdeluettelo astrobiologian keskeisestä kir-
jallisuudesta.

*Kirjoittaja on assistentti ja kasvivirologian dosentti
Turun yliopiston Biologian laitoksella.*